

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平8-8156

(43) 公開日 平成 8 年 (1996) 1 月 12 日

(51) Int.Cl.⁶

識別記号

庁内整理番号

F I

技術表示箇所

H 0 1 L 21/027

G 0 3 F 1/08

7/20

N

5 2 1

H 0 1 L 21/ 30

5 0 2 M

5 0 8

審査請求 未請求 請求項の数 3 O L (全 10 頁)

(21) 出願番号

特願平6-134006

(22) 出願日

平成 6 年 (1994) 6 月 16 日

(71) 出願人 000004112

株式会社ニコン

東京都千代田区丸の内 3 丁目 2 番 3 号

(72) 発明者 水谷 真士

東京都千代田区丸の内 3 丁目 2 番 3 号 株

式会社ニコン内

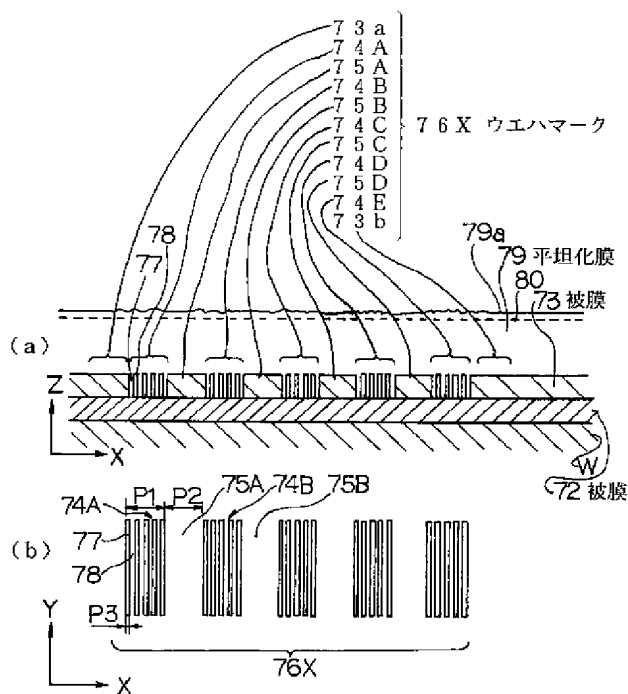
(74) 代理人 弁理士 大森 聡

(54) 【発明の名称】 露光方法及び該露光方法に使用されるマスク

(57) 【要約】

【目的】 半導体素子等を製造するためのフォトリソグラフィ工程において、平坦化によるディッシングの発生を抑制し、アライメント精度の低下を防止する。

【構成】 所定幅以上の間隔を持つ凸部 7 5 A ~ 7 5 D 同士の上に微細なサブパターン 7 4 A ~ 7 4 E を有するウエハマーク 7 6 X をウエハ W 上に形成し、ウエハマーク 7 6 X 上の平坦化膜 7 9 の表面におけるディッシング現象の発生を抑制することにより、ウエハマークの観察像の歪みを防止する。また、そのウエハマーク 7 6 X を形成するためのレチクルは、所定幅以上の透過部又は暗部の間に微細な明暗パターンが配置されたレチクルマークを有する。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】 基板上に凹凸パターンよりなる位置合わせ用のマークを形成する第 1 工程と；前記基板の前記位置合わせ用のマーク上及び他の領域上に被膜を形成する第 2 工程と；前記被膜を平坦化する第 3 工程と；該第 3 工程により平坦化された前記被膜上に感光材料を塗布してマスクパターンを露光する第 4 工程と；を有する露光方法において、

前記第 1 工程で形成する前記位置合わせ用のマークは、所定幅以上の凸部の間に前記所定幅よりも小さいピッチの凹凸パターンが形成されたものであることを特徴とする露光方法。

【請求項 2】 前記位置合わせ用のマークの前記所定の幅以上の凸部の間隔は、 $2\mu\text{m}$ 以上であることを特徴とする請求項 1 記載の露光方法。

【請求項 3】 転写用のパターンと共に位置合わせ用のマークの原版パターンが形成されたマスクにおいて、前記位置合わせ用のマークの原版パターンは、所定幅以上の複数の明部または暗部の間に、前記所定幅よりも小さいピッチの明暗パターンが形成されたものであることを特徴とするマスク。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】 本発明は、露光方法及びこの露光方法で使用されるマスクに関し、特に半導体製造のフォトリソグラフィにおいて平坦化プロセスを有する露光方法、及び平坦化プロセスを有する露光方法で使用されるマスクに関する。

【0002】

【従来の技術】 半導体素子または液晶表示素子等をフォトリソグラフィ工程で製造する際に、レチクル（又はフォトマスク等）のパターンを感光材が塗布されたウエハ（又はガラスプレート等）上の各ショット領域に露光する露光装置が使用されている。この種の露光装置としては、ウエハが載置されたウエハステージを歩進（ステップング）させて、レチクルのパターンをウエハ上の各ショット領域に順次露光する動作を繰り返す、所謂ステップ・アンド・リピート方式の露光装置（ステッパー等）が多用されている。また、最近では、レチクルとウエハとを同期して走査することにより、投影光学系の露光フィールドよりも広い領域にレチクルのパターンを露光する所謂ステップ・アンド・スキャン方式の投影露光装置も開発されている。

【0003】 ところで、例えば半導体素子はウエハ上に多数層（多数レイア）の回路パターンを重ねて形成されるので、例えば 2 層目以降の回路パターンをウエハ上に露光する際には、ウエハ上の既に回路パターンが形成された各ショット領域とレチクルのパターン像との位置合わせ、即ちウエハとレチクルとの位置合わせ（アライメント）を正確に行う必要がある。このため、ウエハ上

に、回路パターンと共にアライメント用のウエハマークを設け、そのウエハマークを後の層の回路パターンの位置合わせに用いる方法が一般的に採用されている。

【0004】 このウエハマークの位置の計測に用いられるアライメントセンサーとしては、レーザー光をウエハ上のウエハマークに照射し、回折・散乱された光によりマークの位置を検出する L S A（Laser Step Alignment）方式、ハロゲンランプを光源とする波長帯域幅の広い光で照明したウエハマークを画像処理して計測する F I A（Field Image Alignment）方式、あるいはウエハ上の回折格子状のウエハマークに、周波数を僅かに変えたレーザー光を 2 方向から照射し、発生した 2 つの回折光を干渉させ、その干渉光の位相からウエハマークの位置を計測する L I A（Laser Interferometric Alignment）方式等のものがある。このうち、L I A 方式は、低段差のウエハや表面が荒れたウエハ上のウエハマークの位置を検出するのに最も効果的で、後述する平坦化技術に対応する。

【0005】 ところで、このアライメント用のウエハマークの形状、本数、あるいは大きさは、露光装置の投影光学系の解像度、必要なアライメント精度、ウエハ上の層の状態等に合わせて選定される。その形状としては、一般的にスリット状、ドット状、あるいは格子状のもの等様々の形状が利用されているが、従来、これらのウエハマークは、比較的大きな凹部（ $4\mu\text{m}$ 幅、 $6\mu\text{m}$ 幅等）を有し、それらが凸部の間に周期的に配列された凹凸パターンのみで形成される場合が殆どである。

【0006】 さて今日、超 L S I 等に見られる高集積化、高密度化等により、多層配線は必然の流れになっている。この多層配線構造の実現上必要なプロセス技術のうち、所定の層の膜の表面を平坦化する平坦化技術が非常に重要である。この平坦化は多層配線を実現するためばかりでなく、多層構造の集積回路を作る過程においても避けることのできない技術となってきた。この平坦化は、陽極酸化法、樹脂塗布法、ガラスフロー法、エッチバック法、リフトオフ法、バイアススパッター法等の化学的方法により通常行われるが、この方法に加えて、必要に応じ、上記方法により基板上に生成した膜の表面を、化学機械的に研磨する等の処理（化学機械的研磨処理）も施される。

【0007】

【発明が解決しようとする課題】 しかしながら、この化学機械的研磨による平坦化加工の際、平坦化される膜の下にある金属膜の下地パターンに $2\mu\text{m}$ 以上の凹部が存在すると、その部分の膜表面に皿状の窪みが発生する、所謂ディッシング（dishing）と呼ばれる現象が生ずる。従って、従来のウエハマークのように比較的大きな凹部（ $4\mu\text{m}$ 幅、 $6\mu\text{m}$ 幅等）を有し、それらが周期的に配列された凹凸パターンのみで形成されている場合には、その上に形成された膜の表面には同様の現象が生じる。

図 8 にその様子を示す。

【0008】図 8 (a) はウエハ等の基板 9 3 上に酸化膜 9 2 を形成し、エッチングによって凹部 9 0 a を形成した上に、アルミニウムのスパッタ等で金属被膜 9 1 を形成した状態を示す。この後、前述の化学機械的研磨加工を行った後の状態を図 8 (b) に示す。図 8 (b) において、凹部 9 0 a の幅が $2 \mu\text{m}$ 以上のとき凹部 9 0 a 上にディッシング D 1 が発生する。また、図 9 (a) に示すように基板 9 3 上に複数個の凹部 9 0 b が周期的に配列されたパターンが形成され、このパターン上に金属被膜 9 1 が被着されているような場合も同様にディッシングは起こるが、この場合化学機械的研磨加工を行うと、図 9 (b) に示すように凹部 9 0 b の並び上に大きなディッシング D 2 が発生する。従って図 9 (c) に示すように凸部 9 0 c が周期的に配列されたライン・アンド・スペースパターンよりなるウエハマーク M を使用する場合、ウエハマーク M 上に大きなディッシング D 3 が発生する。このため、アライメント系で検出する際にウエハマークの観察像に歪みが起こり、アライメント精度が悪化するという不都合があった。

【0009】本発明は斯かる点に鑑み、位置合わせ用のマーク（ウエハマーク）上で、例えば配線工程等での平坦化プロセスを実行した場合でもその位置合わせ用のマーク上でディッシングが発生しない露光方法を提供することを目的とする。更に本発明は、そのような露光方法で使用するマスクを提供することを目的とする。

【0010】

【課題を解決するための手段】本発明による露光方法は、基板（W）上に凹凸パターンよりなる位置合わせ用のマーク（7 6 X）を形成する第 1 工程（ステップ 1 0 1 ~ 1 0 5）と、その基板のその位置合わせ用のマーク（7 6 X）上及び他の領域上に被膜（7 9）を形成する第 2 工程（ステップ 1 0 6）と、その被膜（7 9）を平坦化する第 3 工程（1 0 7）と、該第 3 工程により平坦化されたその被膜（7 9）上に感光材料を塗布してマスクパターンを露光する第 4 工程（ステップ 1 0 8 ~ 1 1 0）と、を有する露光方法において、その第 1 工程（ステップ 1 0 1 ~ 1 0 5）で形成するその位置合わせ用のマーク（7 6 X）は、所定幅以上の凸部（7 5 A ~ 7 5 D）（以降「メインパターンの凸部（7 5 A ~ 7 5 D）」とも言う）同士の間とその所定幅よりも小さいピッチの凹凸パターン（7 4 A ~ 7 4 E）（以降、「サブパターン（7 4 A ~ 7 4 E）」とも言う）を形成したものである。

【0011】また、その位置合わせ用のマーク（7 6 X）のその所定の幅以上の凸部（7 5 A ~ 7 5 D）同士の間隔が、 $2 \mu\text{m}$ 以上の場合に本発明に効果が特に大きい。更に、本発明によるマスクは、転写用のパターンと共に位置合わせ用のマーク（7 6 X）の原版パターンが形成されたマスク（R）において、その位置合わせ用の

マーク（7 6 X）の原版パターンは、所定幅以上の複数の明部または暗部（6 6 A, 6 6 B）の間に、前記所定幅よりも小さいピッチの明暗パターン（6 7 A, 6 7 B）を形成したものである。

【0012】

【作用】本発明の露光方法によれば、従来は凹部となっていた領域にサブパターン（7 4 A ~ 7 4 E）を形成することにより、基板 W 上の凹部分の開口部の間隔を極めて小さくしたため、平坦化に伴う位置合わせ用マーク（7 6 X）上のディッシングの発生が抑えられる。従ってマーク歪みも起こらず、高精度にアライメントが実行される。また、本発明の露光方法においては、位置合わせ用マーク（7 6 X）のメインパターンの凸部（7 5 A ~ 7 5 D）同士の間隔をアライメントセンサーの解像度以上にし、サブパターン（7 4 A ~ 7 4 E）の凸部（7 8）同士及び凹部（7 7）同士の間隔をアライメントセンサーの解像度以下の大きさにすることができる。そのため、従来通り、メインパターン及びサブパターン（7 4 A ~ 7 4 E）をそれぞれ明部及び暗部とする明暗パターンとして、従来のアライメントセンサーにより、アライメントが行える。

【0013】また、位置合わせ用のマーク（7 6 X）の前記所定の幅以上の凸部（7 5 A ~ 7 5 D）同士の間隔を $2 \mu\text{m}$ 以上にした場合には、凸部の間でディッシングが発生し易くなるため、サブパターン（7 4 A ~ 7 4 E）を設けることにより、ディッシングの発生が抑制される。また、解像度のあまり良くないアライメントセンサーでも利用できる。

【0014】更に、本発明のマスク（R）によれば、そのマスク（R）を用いて基板（W）上に露光転写した位置合わせマーク（7 6 X）は、メインパターンの所定幅以上の凸部（7 5 A ~ 7 5 D）の間に、その所定幅以下のピッチを有する凹凸でできたサブパターン（7 4 A ~ 7 4 E）が形成されたものとなる。このため、前述のように位置合わせ用マーク（7 6 X）上のディッシングが抑えられ、従って、マーク歪みも起こすことなく、高精度にアライメントが実行される。

【0015】

【実施例】以下、本発明の一実施例につき、図面を参照して説明する。図 3 は本実施例の露光方法を適用するのに好適な投影露光装置の概略的な構成を示し、この図 3 において、超高圧水銀ランプ 1 から発生した照明光 I L は楕円鏡 2 で反射されてその第 2 焦点で一度集光した後、コリメータレンズ、干渉フィルター、オプティカルインテグレート（フライアイレンズ）及び開口絞り（ σ 絞り）等を含む照明光学系 3 に入射する。不図示であるが、フライアイレンズはそのレチクル側焦点面がレチクルパターンのフーリエ変換面（瞳共役面）とほぼ一致するように光軸 A X と垂直な面内方向に配置されている。

【0016】また、楕円鏡 2 の第 2 焦点の近傍には、モ

10

20

30

40

50

ーター38によって照明光ILの光路の閉鎖及び開放を行うシャッター（例えば4枚羽根のロータリーシャッター）37が配置されている。なお、露光用照明光としては超高圧水銀ランプ1等の輝線の他に、エキシマレーザ（KrFエキシマレーザ、ArFエキシマレーザ等）等のレーザ光、あるいは金属蒸気レーザやYAGレーザの高調波等を用いても構わない。

【0017】図3において、照明光学系3を射出したフォトレジスト層を感光させる波長域の照明光（i線等）ILは、その大部分がビームスプリッター4で反射された後、第1リレーレンズ5、可変視野絞り（レチクルブラインド）6及び第2リレーレンズ7を通過してミラー8に至る。そして、ミラー8ではほぼ垂直下方に反射された照明光ILが、メインコンデンサーレンズ9を介してレチクルRのパターン領域PAをほぼ均一な照度で照明する。レチクルブラインド6の配置面はレチクルRのパターン形成面と共役関係（結像関係）にあり、駆動系36によりレチクルブラインド6を構成する複数枚の可動ブレードを開閉させて開口部の大きさ、形状を変えることによって、レチクルRの照明視野を任意に設定することができる。

【0018】ここで、図3において、レチクルRと交差する照明光学系の光軸AXと平行にZ軸を取り、そのZ軸に垂直な平面内で図3の紙面に平行にX軸、図3の紙面に垂直にY軸を取る。図5（c）は本実施例のレチクルRを示し、この図5（c）のレチクルRにおいては、遮光帯62に囲まれたパターン領域61の直交する2辺のほぼ中央部に近接した遮光帯62中にそれぞれアライメントマークとしてのレチクルマーク64X及び64Yが形成されている。これらレチクルマークの像をウエハWのフォトレジスト層上に投影して現像することにより、そのウエハW上にそれらレチクルマークの像が凹凸パターンのウエハマークとして形成されるものである。また、それらレチクルマーク64X及び64Yを、ウエハWの各ショット領域とレチクルRとの位置合わせを行う際のアライメントマークとして共用してもよい。それら2つのレチクルマーク64X、64Yは同一構成（但し、方向は異なる）であり、それぞれレチクルRの遮光帯62中に設けられた透明窓63X、63Y内にクロム等の遮光膜により形成される。更に、レチクルRにはその外周付近に2個の十字型の遮光性マークよりなるアライメントマーク65A及び65Bが対向して形成されている。これら2個のアライメントマーク65A、65Bは、レチクルRのアライメント（光軸AXに対する位置合わせ）に用いられる。

【0019】そのレチクルRのレチクルマークについて、図5（c）及び（d）を参照して更に詳しく説明する。図5（c）に示す通り、レチクルマークは、X方向の位置検出を行うためのレチクルマーク64Xと、Y方向の位置検出を行うためのレチクルマーク64Yと、か

ら成り、レチクルマーク64X、64Yはそれぞれ透過部中に配置された5個のサブマークから構成されている。Y方向用のレチクルマーク64Yは、X方向用のレチクルマーク64Xを90°回転したものである。

【0020】図5（d）は、X方向用のレチクルマーク64Xの構造の一部を示し、この図5（d）において、レチクルマーク64Xは、X方向に対して所定幅以上の透過部66A、66B、…の間に、透過部とほぼ同じ幅のサブマーク67A、67B、…を配置して構成され、各サブマーク67A、67B、…はそれぞれX方向に所定ピッチで5組のスリット状の遮光膜68及びスリット状の透過部69を配置したものである。

【0021】これらサブマーク67A、67B、…同士は、所定の幅以上の間隔をもって形成されている。この間隔は、アライメントセンサーの解像度を考慮して決定されるが、ウエハW上に露光転写された際、サブマーク67A、67B、…によりウエハW上に形成されるウエハマークのサブパターン同士の間隔は、本実施例では2μm以上になることが望ましい。なお、サブマーク67A、67B、…の形状は、図5（d）の形に限定されるものではない。また、レチクルマーク64X、64Yは明部と暗部とを反転させたマークを使用してもよい。

【0022】さて、図5（d）のサブマーク67A、67B、…内の遮光膜68及び透過部69のピッチ間隔は、そのサブマークがウエハW上に転写されたときに、そのサブマークの像がアライメントセンサーの解像度以下の大きさになるよう設定されている。なお、本実施例におけるレチクルマーク64X内のサブマーク67A、67B、…は、規則的なパターンであるが、不規則なパターンであっても良い。但し、その不規則パターンの明部同士の間隔または暗部同士の間隔は、それがウエハW上に転写されたとき、そのサブマークによって形成されるウエハマークのサブパターン（部分パターン）の内部構造が、その検出に使用されるアライメントセンサーの解像度以下の微細度になるよう設定されることが望ましい。なお、レチクルマーク64X、64Yは、周知の光学式パターンジェネレーターや電子ビーム描画装置により形成することができる。

【0023】ここで、再び図3に戻って説明する。レチクルRは、モータ12によって投影光学系13の光軸AX（照明光学系の光軸と一致している）の方向（Z方向）に微動可能で、且つその光軸AXに垂直な水平面内で2次元移動及び微小回転可能なレチクルステージRS上に載置されている。レチクルステージRSの端部にはレーザ光波干渉式測長器（レーザ干渉計）11からのレーザビームを反射する移動鏡11mが固定され、レチクルステージRSの2次元的位置はレーザ干渉計11によって、例えば0.01μm程度の分解能で常時検出されている。レチクルRの上方にはレチクルアライメント系（RA系）10A及び10Bが配置され、これらRA

系 10A 及び 10B は、レチクル R の外周付近に形成された 2 個の十字型のアライメントマーク 65A、65B を検出するものである。RA 系 10A 及び 10B からの計測信号に基づいてレチクルステージ RS を微動させることで、レチクル R はパターン領域 61 の中心点が投影光学系 13 の光軸 AX と一致するように位置決めされる。

【0024】さて、レチクル R のパターン領域 61 を通過した照明光 IL は、両側テレセントリックな投影光学系 13 に入射し、投影光学系 13 により 1/5 に縮小されたレチクル R の回路パターンの投影像が、表面にフォトレジスト層が形成され、その表面が投影光学系 13 の最良結像面とほぼ一致するように保持されたウエハ W 上の 1 つのショット領域に重ね合わせて投影（結像）される。

【0025】ウエハ W は、微小回転可能なウエハホルダ（不図示）に真空吸着され、このウエハホルダを介してウエハステージ WS 上に保持されている。ウエハステージ WS は、モーター 16 によりステップ・アンド・リピート方式で 2 次元移動可能に構成され、ウエハ W 上の 1 つのショット領域に対するレチクル R の転写露光が終了すると、ウエハステージ WS は次のショット位置までステッピングされる。ウエハステージ WS の端部にはレーザ干渉計 15 からのレーザビームを反射する移動鏡 15m が固定され、ウエハステージ WS の 2 次元的な座標は、レーザ干渉計 15 によって例えば 0.01 μm 程度の分解能で常時検出されている。レーザ干渉計 15 は、ウエハステージ WS の X 方向及び Y 方向の座標を計測するものであり、それら X 方向及び Y 方向の座標によりウエハステージ WS のステージ座標系（静止座標系）（X、Y）が定められる。即ち、レーザ干渉計 15 により計測されるウエハステージ WS の座標値が、ステージ座標系（X、Y）上の座標値である。

【0026】また、ウエハステージ WS 上にはベースライン量（アライメントセンサーの基準点と露光中心との間隔）の計測時等で用いられる基準マークを備えた基準部材（ガラス基板）14 が、ウエハ W の露光面とほぼ同じ高さになるように設けられている。また、図 3 中には投影光学系 13 の結像特性を調整できる結像特性補正部 19 も設けられている。本実施例における結像特性補正部 19 は、投影光学系 13 を構成する一部のレンズエレメント、特にレチクル R に近い複数のレンズエレメントの各々を、ピエゾ素子等の圧電素子を用いて独立に駆動（光軸 AX に対して平行な方向の移動または傾斜）することで、投影光学系 13 の結像特性、例えば投影倍率やディストーションを補正するものである。

【0027】次に、投影光学系 13 の側方にはオフ・アクシス方式で画像処理方式のアライメントセンサー（以下「Field Image Alignment 系（FIA 系）」という）が設けられている。本実施例ではこの FIA 系によりウ

エハマークの位置検出を行う。この FIA 系において、ハロゲンランプ 20 で発生した光をコンデンサーレンズ 21 及び光ファイバー 22 を介して干渉フィルター 23 に導き、ここでフォトレジスト層の感光波長域及び赤外波長域の光をカットする。干渉フィルター 23 を透過した光は、レンズ系 24、ビームスプリッター 25、ミラー 26 及び視野絞り BR を介して両側テレセントリックな対物レンズ 27 に入射する。対物レンズ 27 から射出された光が、投影光学系 13 の照明視野を遮光しないように投影光学系 13 の鏡筒下部周辺に固定されたプリズム（またはミラー）28 で反射され、ウエハ W をほぼ垂直に照射する。

【0028】対物レンズ 27 からの光は、ウエハ W 上のウエハマークを含む部分領域に照射され、当該領域から反射された光はプリズム 28、対物レンズ 27、視野絞り BR、ミラー 26、ビームスプリッター 25 及びレンズ系 29 を介して指標板 30 に導かれる。ここで、指標板 30 は対物レンズ 27 及びレンズ系 29 に関してウエハ W と共役な面内に配置され、ウエハ W 上のウエハマークの像は指標板 30 の透明窓内に結像される。更に指標板 30 には、その透明窓内に指標マークとして、Y 方向に延びた 2 本の直線状マークを X 方向に所定間隔だけ離して配置したものが形成されている。指標板 30 を通過した光は、第 1 リレーレンズ系 31、ミラー 32 及び第 2 リレーレンズ系 33 を介して撮像素子（CCD カメラ等）34 へ導かれ、撮像素子 34 の受光面上にはウエハマークの像と指標マークの像とが結像される。撮像素子 34 からの撮像信号 SV は主制御系 18 に供給され、ここでウエハマークの X 方向の位置（座標値）が算出される。なお、図 3 中には示していないが、上記構成の FIA 系（X 軸用の FIA 系）の他に、Y 方向のウエハマークの位置を検出するためのもう 1 組の FIA 系（Y 軸用の FIA 系）も設けられている。

【0029】次に、投影光学系 13 の上部側方には TTL（スルー・ザ・レンズ）方式のアライメントセンサー 17 も配置され、アライメントセンサー 17 からの位置検出用の光がミラー M1 及び M2 を介して投影光学系 13 に導かれている。その位置検出用の光は投影光学系 13 を介してウエハ W 上のウエハマーク上に照射され、このウエハマークからの反射光が投影光学系 13、ミラー M2 及びミラー M1 を介してアライメントセンサー 17 に戻される。アライメントセンサー 17 は戻された反射光を光電変換して得られた信号から、ウエハ W 上のウエハマークの位置を求める。

【0030】図 4 は、図 3 中の TTL 方式のアライメントセンサー 17 の詳細な構成を示し、この図 4 において、本例のアライメントセンサー 17 は、2 光束干渉方式のアライメント系（以下「LIA 系」という）とレーザ・ステップ・アライメント方式のアライメント系（以下「LSA 系」という）とをその光学部材を最大限共有

10

20

30

40

50

させて組み合わせたものである。ここでは簡単に説明するが、より具体的な構成は特開平 2-272305 号公報に開示されている。

【0031】図 4 において、光源（He-Ne レーザ光源等）40 から射出されたレーザービームはビームスプリッター 41 で分割され、ここで反射されたレーザービームはシャッター 42 を介して第 1 ビーム成形光学系（LIA 光学系）45 に入射する。一方、ビームスプリッター 41 を透過したレーザービームは、シャッター 43 及びミラー 44 を介して第 2 ビーム成形光学系（LSA 光学系）46 に入射する。従って、シャッター 42 及び 43 を適宜駆動することにより、LIA 系と LSA 系とを切り換えて使用することができる。

【0032】さて、LIA 光学系 45 は 2 組の音響光学変調器等を含み、所定の周波数差 Δf を与えた 2 本のレーザービームを、その光軸を挟んでほぼ対称に射出する。更に、LIA 光学系 45 から射出された 2 本のレーザービームは、ミラー 47 及びビームスプリッター 48 を介してビームスプリッター 49 に達し、ここを透過した 2 本のレーザービームはレンズ系（逆フーリエ変換レンズ）53 及びミラー 54 を経て、装置上で固定されている参照回折格子 55 に、互いに異なる 2 方向から所定の交差角で入射して結像（交差）する。光電検出器 56 は、参照回折格子 55 を透過してほぼ同一方向に発生する回折光同士の干渉光を受光し、回折光強度に応じた正弦波状の光電信号 SR を主制御系 18（図 3 参照）内の LIA 演算ユニット 58 に出力する。

【0033】一方、ビームスプリッター 49 で反射された 2 本のレーザービームは、対物レンズ 50 によって視野絞り 51 の開口部で一度交差した後、ミラー M2（図 3 中のミラー M1 は図示省略）を介して投影光学系 13 に入射する。更に、投影光学系 13 に入射した 2 本のレーザービームは、投影光学系 13 の瞳面で光軸 AX に関してほぼ対称となって一度スポット状に集光した後、ウエハ W 上のウエハマークのピッチ方向（Y 方向）に関して光軸 AX を挟んで互いに対称的な角度で傾いた平行光束となって、ウエハマーク上に異なる 2 方向から所定の交差角で入射する。ウエハマーク上には周波数差 Δf に対応した速度で移動する 1 次元の干渉縞が形成され、当該マークから同一方向、ここでは光軸方向に発生した ± 1 次回折光（干渉光）は投影光学系 13、対物レンズ 50 等を介して光電検出器 52 で受光され、光電検出器 52 は干渉縞の明暗変化の周期に応じた正弦波状の光電信号 SDw を LIA 演算ユニット 58 に出力する。LIA 演算ユニット 58 は、2 つの光電信号 SR 及び SDw の波形上の位相差からそのウエハマークの位置ずれ量を算出すると共に、レーザ干渉計 15 からの位置信号 PDS を用いて、当該位置ずれ量が零となるときのウエハステージ WS の座標位置を求める。

【0034】また、LSA 光学系 46 はビームエクスパ

ンダー、シリンдриカルレンズ等を含み、LSA 光学系 46 から射出されたレーザービームはビームスプリッター 48 及び 49 を介して対物レンズ 50 に入射する。更に、対物レンズ 50 から射出されるレーザービームは、一度視野絞り 51 の開口部でスリット状に収束した後、ミラー M2 を介して投影光学系 13 に入射する。投影光学系 13 に入射したレーザービームは、その瞳面のほぼ中央を通った後、投影光学系 13 のイメージフィールド内で X 方向に伸び、且つ光軸 AX に向かうような細長い帯状スポット光としてウエハ W 上に投影される。

【0035】スポット光とウエハ W 上のウエハマーク（回折格子マーク）とを Y 方向に相対移動したとき、当該ウエハマークから発生する光は投影光学系 13、対物レンズ 50 等を介して光電検出器 52 で受光される。光電検出器 52 は、ウエハマークからの光のうち ± 1 次～3 次回折光のみを光電変換し、このように光電変換して得られた光強度に応じた光電信号 SDi を主制御系 18 内の LSA 演算ユニット 57 に出力する。LSA 演算ユニット 57 にはレーザ干渉計 15 からの位置信号 PDS も供給され、LSA 演算ユニット 57 はウエハステージ WS の単位移動量毎に発生するアップダウンパルスに同期して光電信号 SDi をサンプリングする。更に、LSA 演算ユニット 57 は、各サンプリング値をデジタル値に変換してメモリに番地順に記憶させた後、所定の演算処理によってウエハマークの Y 方向の位置を算出する。また、X 軸用の LIA 方式のウエハマークの位置及び LSA 方式のウエハマークの位置を検出する X 軸用のアライメントセンサーも別途設けられている。

【0036】次に、本実施例における露光動作の一例につき図 1 のフローチャートを参照して説明する。先ず、図 1 のステップ 101 において、不図示のコータによりウエハ W 上にフォトレジストを塗布して必要に応じてベークングを行い、ステップ 102 において、そのウエハ W を図 3 の投影露光装置のウエハステージ WS 上にロードし、図 5（c）のレチクル R を図 3 のレチクルステージ RS 上にロードする。次にステップ 103 において、図 5（c）のレチクル R 上のパターン領域 61 内の回路パターン及びレチクルマーク 64X、64Y は、投影露光系 13 を介して、ウエハ W 上に塗布されたフォトレジスト層に、 $1/5$ に縮小して投影される。これにより、図 5（a）に示すように、ウエハ W 上のショット領域 SA 内に回路パターン像が投影され、そのショット領域 SA の近傍にレチクルマーク 64X の像 70X、及びレチクルマーク 64Y の像 70Y が投影される。例えば、レチクルマーク 64X の像 70X は、図 5（b）に示すように、サブマークの像 71A、71B、…、71E を所定ピッチで X 方向に配列したものである。これらレチクルマークの像 70X、70Y が現像等の処理後に凹凸パターンよりなるウエハマークとなる。

【0037】レチクル R 上の回路パターン及びレチクル

10

20

30

40

50

マーク64X、64Yの像が転写されたウエハWは、ステップ104において現像された後、ステップ105において、ベーク処理後にレジストパターンをマスクとしてエッチング処理を受けた後、再び必要に応じて洗浄される。ステップ104で使用される現像処理装置には、所定の洗浄液及び現像液を、噴霧状またはシャワー状にして噴霧するスプレー方式か、あるいは現像液や洗浄液に一定時間浸して現像するディップ方式があり、ウエハWはこの内何れかの方法により現像及び洗浄される。また、エッチングは、ウェット方式またはドライ方式により行われるが、今日では、ドライ方式により処理される場合が多く、このドライエッチングには、例えばプラズマエッチング装置が使用される。

【0038】ステップ105では、エッチングの終了を、分光分析法あるいは光学的反射を利用したレーザービーム干渉法、エリプソメータ法、またはグレーティング光回折法等により検知し、終了確認した後、必要によりウエハWを洗浄する。このようにしてレジスト層及び不要な酸化膜部分または金属膜部分が除去され、図2

(b)に示すように必要な回路及びウエハマーク76XがウエハW上の被膜(下位の回路パターン層)72上の被膜73内に凹凸状に形成される。このウエハマーク76Xは、X軸用レチクルマーク64Xを投影光学系PLの縮小倍率に応じてウエハW上に転写した像から形成されたものである。

【0039】図2は、本実施例で形成されたウエハマーク、即ちレチクルマーク64Xの転写によりウエハW上に形成されたウエハマーク76Xを示す。なお、この図2には、後述する絶縁膜(または金属膜)による平坦化層も表示されており、平坦化工程を説明する際にも使用される。図2(a)はX軸用のウエハマーク76Xを、Y方向から眺めた断面図であり、図2(b)はそのウエハマーク76Xの平面図である。

【0040】ウエハマーク76Xは、図2(a)、(b)に示す通り、ウエハW上の被膜72上に形成した被膜73中に、前述の通り回路と共に形成されたもので、被膜73を両端の凸部73a、73bとして、その間に複数の凸部75A~75Dがそれぞれ所定の幅以上の間隔をもって形成され、更にそれら凸部間には、凸部78及び凹部77よりなる微細な凹凸パターンよりなるサブパターン74A~74Eが形成されている。ここで、各サブパターンの幅P1及び各凸部の幅P2は、それぞれ所定の長さ(本例では、P1及びP2はそれぞれ約6μm)をもって形成される。また、サブパターンの凸部78又は凹部77の幅P3は、所定の長さで形成されるが、本例では幅P3は約0.67μmとしている。しかしこの幅P3は、使用されるアライメントセンサーの暗部として検知処理される幅であれば、その幅に制限はない。また、マーク76Xの凸部同士の間隔(即ち、サブパターンの幅)P1は、本例では約6μmとしてい

るが、この幅についても、使用されるアライメントセンサーの解像度以上の幅であれば特に制限はない。但し、できれば間隔P1は2μm以上にするのが好ましい。以上のように形成されたアライメントセンサーのサブパターン74A~74Eは、FIA方式のマークセンサーでは解像できないため、ウエハマーク76Xの凸部75A~75Dを明部とし、サブパターン74A~74Eを暗部とする明暗パターンとして処理が可能である。なお、ウエハマーク76Yもウエハマーク76Xと同様に形成されている。

【0041】以上のように、所定の回路及びウエハマーク76X、76Yが形成されたウエハW上の表面は、次にステップ106、107において、更に上層回路を形成するため平坦化される。この平坦化は、前述の方法により行われるが、本例では、先ずステップ106において、ウエハW上に酸化シリコン(SiO₂)等の絶縁膜(または金属膜、以降、「平坦化膜」と言う)79が被覆される。この段階では、図2(a)に示すように、平坦化膜79の表面79aには微少な凹凸が見られる。次にステップ107において、化学機械的にその平坦化膜79の表面79aを研磨する処理が施される。この化学機械的研磨は、必要により所定の薬品または水を加えながら平坦化膜79の表面を機械的に研磨する方法により行われる。

【0042】図2(a)に、以上の方法により平坦化されたウエハW、特にウエハマーク76X上の平坦化膜79の表面80の状態を示す。平坦化膜79の表面80はウエハマーク76X上で凹むことなく、なだらかな面を形成している。これは、ウエハマーク76Xの凸部75A~75Dの間を微細なサブパターン74A~74Eで埋めたことにより、2μm以上の凹部がなくなり、前述の説明通り、ウエハマーク76X上の平坦化膜79の平坦性が保たれるためである。

【0043】以上の工程により、その平坦化膜79表面が平坦化されたウエハW上には、ステップ108において、再びフォトリソグが塗布される。ここでは、例えばウエハWを回転させ、遠心力によりウエハW上にフォトリソグの薄膜を形成するスピンコート方式等のフォトリソグ塗布装置(コータ)が用いられる。フォトリソグが塗布されたウエハWは、ステップ109において、再び上記の投影露光装置またはその他の本実施例の露光方法に好適な投影露光装置または一般的なパターン形成装置のウエハステージ上にセットされる。

【0044】ところで、例えば平坦化膜79が酸化シリコンのような透明な絶縁膜であり、ウエハマーク76X、76Yが金属であれば、ウエハW上のウエハマーク76X、76Yを含む全面に平坦化膜79が形成されても、ウエハマーク76X、76Yは画像処理方式であるFIA系のアライメントセンサーで検出できる。しかし、例えば平坦化膜79が金属である場合には、ウエハ

マーク 76X, 76Y は検出されない。従って、その場合はウエハ W 上に平坦化されない部分を設け、そこに別のウエハマークを形成するようにすれば良い。このようにして検知ができれば、上記ウエハステージ WS にセットされたウエハ W の位置合わせは、上記の FIA 系のアライメントセンサーを用いて前述のように実施される。

【0045】なお、LSA 系あるいは LIA 系のウエハマークについても、それぞれ LSA 方式あるいは LIA 方式のアライメントセンサーにより、FIA 系同様に、そのウエハマークの検出及び位置合わせが行える。ここで再び、ステップ 110 において、別のレチクルを用いて新しい回路パターン及び、必要に応じ、新たなウエハマークが形成される。このとき、新しいウエハマークの形成位置には、前述のディッシング現象による皿状の凹みはなく、ウエハ W 上の平坦化膜 79 の表面 80 には、マーク歪みのない安定したウエハマークが形成される。

【0046】図 6 は、本発明の露光方法に用いられる FIA 系の X 軸用のウエハマークの別の実施例を示し、図 6 (a) は微細なサブパターンを非計測方向に配列されたライン・アンド・スペース・パターンとしたウエハマークで、複数組の凸部 83 及び所定幅以下の凹部 82 からなるラインマーク 81A, 81B, 81C により形成される。ここでラインマーク 81A, 81B, 81C は、それぞれ Y 方向に凹部 82 と凸部 83 とを所定ピッチで形成したものである。図 6 (b) は、微細なサブパターンを 2 次元の格子状としたウエハマークで、それぞれ微細な格子状の凹凸パターンを持つラインマーク 84A, 84B, 84C により形成される。ここでラインマーク 84A, 84B, 84C は、図 6 (a) 同様所定の幅以上の間隔をもって形成される。また、図 6 (c) は、微細なサブパターンをランダムドット状としたウエハマークを示し、それぞれランダムなドット状の凸部をもつラインマーク 85A, 85B, 85C により形成される。ここで、ラインマーク 85A, 85B, 85C は図 5、6 同様所定の幅以上の間隔をもって形成される。なお、このような微細なサブパターンを持つアライメントマークは FIA 系だけでなく、LSA 系及び LIA 系等他のアライメントセンサー系でも使用できる。

【0047】図 7 は、LSA 用のウエハマークを示し、X 軸に平行なスリット状の凹凸パターンからなる微細なサブパターン 87 と、凸部 88 との複数の組み合わせからなる Y 軸用のパターン 86A と、微細な Y 軸に平行な凹凸パターンからなるサブパターン 89 との複数の組み合わせからなる X 軸用のパターン 86B とから形成される。本発明の露光方法に使用されるウエハマークは、その他の形状のウエハマークにも同様に適用できる。

【0048】また、本発明は、ステッパ型露光装置のみならず、レチクルとウエハとを相対的に走査して露光を行うステップ・アンド・スキャン方式の露光装置にも同様に適用できる。このように、本発明は上述実施例

に限定されず、本発明の要旨を逸脱しない範囲で種々の構成を取り得る。

【0049】

【発明の効果】本発明の露光方法によれば、平坦化処理を行っても位置合わせ用のマーク上でディッシングが発生しない。従って、アライメント時の位置合わせ用のマークの検出光の歪みを抑えることができ、アライメント精度が向上する。また、露光転写する装置側には、機構上の変更が不要で、従って簡便である。

【0050】また、位置合わせ用のマークの凸部同士の間隔を $2\mu\text{m}$ 以上にした場合には、従来の通常の解像度のアライメントセンサーでその位置合わせ用のマークを検出できる。また、間隔が $2\mu\text{m}$ 以上では特にディッシングが発生し易くなるが、本発明によりディッシングの発生が抑制できる。更に、本発明のマスクによれば、そのマスクを用いて基板上に露光転写した位置合わせ用のマークは、平坦化加工工程において、位置合わせ用のマーク上のディッシングが抑えられ、従って、マーク歪みも生ずることなく、高精度のアライメントを達成できる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】本発明の一実施例の露光動作を示すフローチャートである。

【図 2】(a) は実施例で使用されるウエハマークの断面図、(b) はそのウエハマークの平面図である。

【図 3】実施例の露光方法を実施するのに好適な投影露光装置を示す構成図である。

【図 4】図 3 の投影露光装置に使用される LSA 系及び LIA 系のアライメントセンサーを示す構成図である。

【図 5】(a) はウエハ上に露光された回路パターン及びレチクルマークの像を示す平面図、(b) は図 5 (a) 中の一部の拡大平面図、(c) は実施例のレチクルのパターン配置を示す平面図、(d) は図 5 (c) 中のレチクルマークの一部を示す拡大平面図である。

【図 6】FIA 系のウエハマークの他の例を示す図であり、(a) は微細なサブパターンを非計測方向のライン・アンド・スペース・パターンとしたウエハマークを示す拡大平面図、(b) は微細なサブパターンを 2 次元の格子状としたウエハマークを示す拡大平面図、(c) は微細なサブパターンをランダムドット状としたウエハマークを示す拡大平面図である。

【図 7】LSA 系ウエハマークの例を示す拡大平面図である。

【図 8】従来のディッシングの発生の説明図である。

【図 9】従来のウエハマーク上でディッシングが発生する状態を示す図である。

【符号の説明】

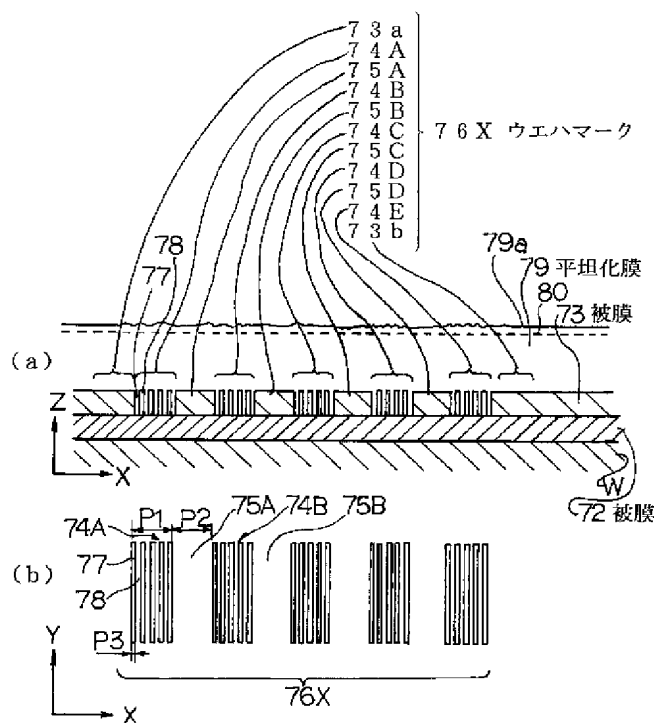
1 光源

3 照明光学系

50 9 メインコンデンサーレンズ

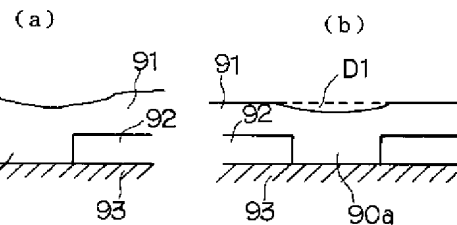
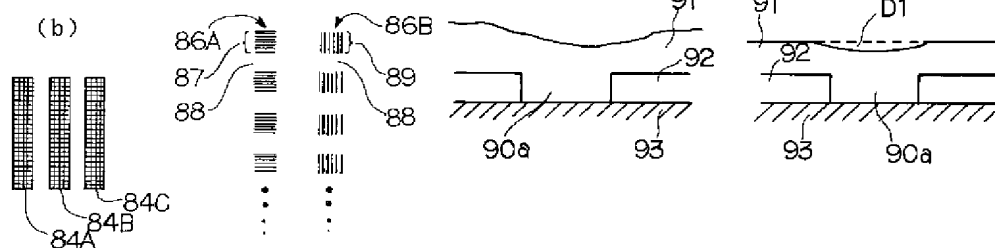
* 67A, 67B レチクルマークのサブマーク
64X, 64Y レチクルマーク
76X X方向のウエハマーク
73a, 75A～75D, 73b ウエハマークの凸部
74A～74E ウエハマークのサブパターン
79 平坦化膜

【义 2】

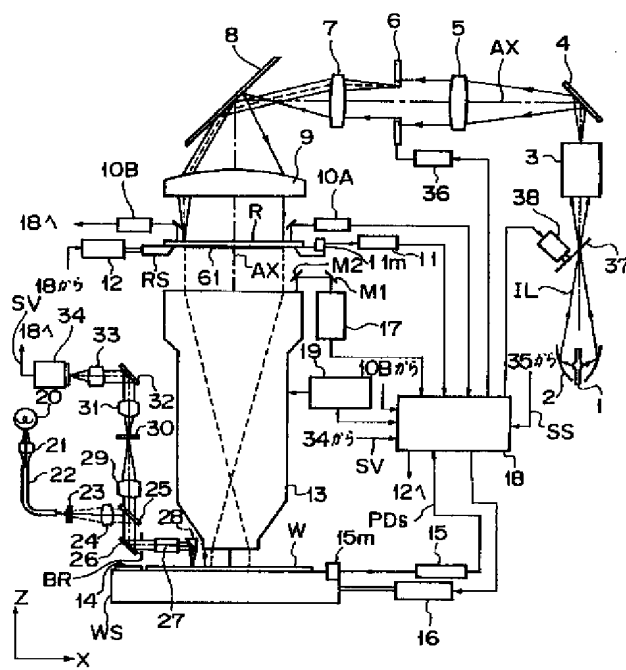


【图 8】

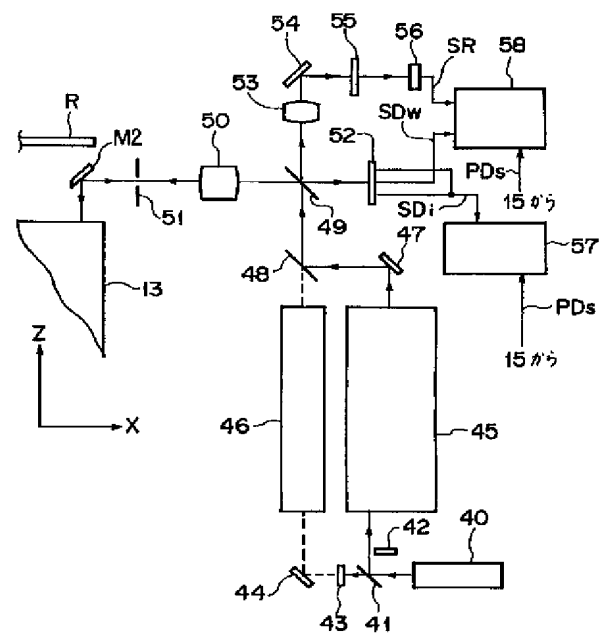
【图 7】



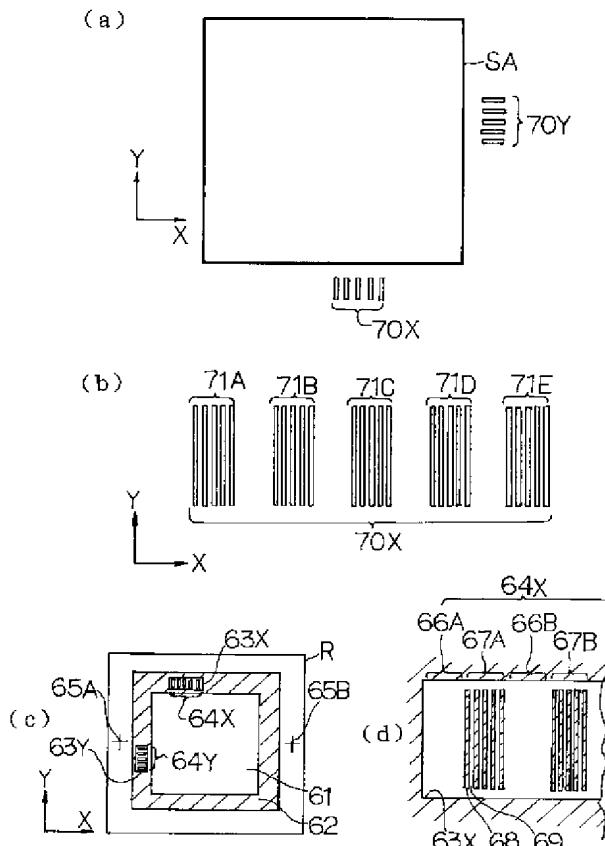
【図 3】



【図 4】



【図 5】



【図 9】

